

**AKADEMIA GÓRNICZNO – HUTNICZA**

**im. Stansława Staszica w Krakowie**

**AGH University of Science and Technology**



**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND ROBOTICS**

**Proyecto final: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CURS0 2011/2012**

**EL PROBLEMA DE SITUAR CONTENEDORES EN UN PATIO. ALGORITMOS.**

**(RESUMEN)**

**Supervisores:** Prof. Dr hab. C Eng. Janusz Szpytko (AGH UST) y Ana Muñoz Sánchez

**Alumna:** Rocío Fernández González (Madrid)

€ Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior

Av. de la Universidad 30, 28911 Leganés (Madrid), SPAIN

Leganés, Septiembre 2012

## Resumen Capítulo 1

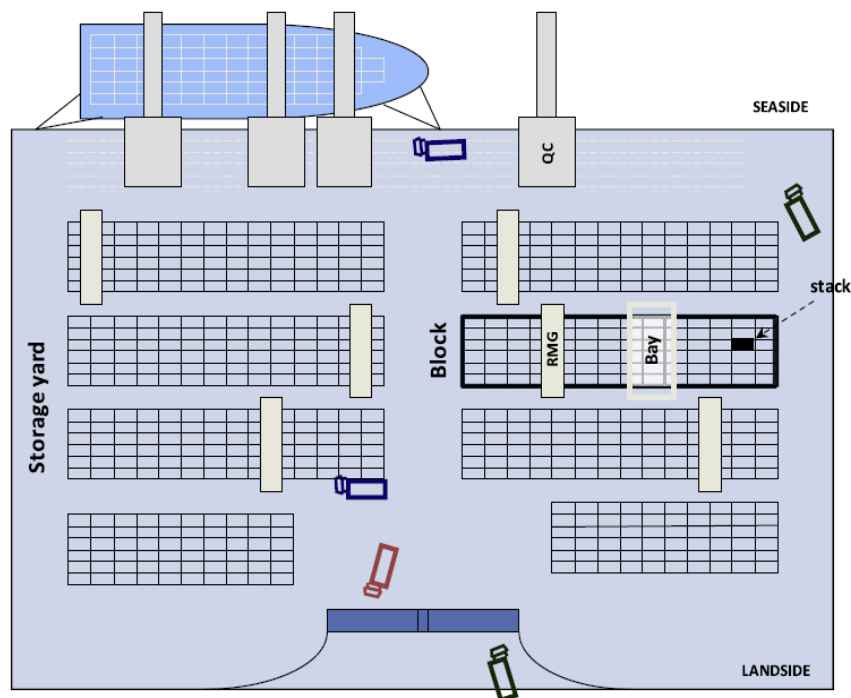
## 1. Introducción

Los objetivos principales de una terminal de contenedores son aumentar la productividad y lograr la capacidad óptima. Para hacer eso debemos centrarnos en minimizar movimientos improductivos. Si actuamos en este problema vamos a disminuir los costes de operación.

Nos centraremos en la organización de los patios de importación.

La terminal de contenedores se considera que es un sistema formado por cuatro subsistemas. Los cuatro subsistemas principales son: buque-tierra, transferencia, almacenamiento y entrega / recepción. El almacenamiento es considerado el subsistema operativo dominante. Debemos apilar y almacenar los contenedores y para ello debemos tomar una serie de decisiones en relación a cómo hacerlo. Estas decisiones pueden afectar a los procesos para la recuperación de los envases desde el patio de almacenamiento y al coste de operación de las grúas de patio.

## 2. Distribución del patio



**Fig. 1.** Typical container yard layout.

Como se puede ver en la figura 1 el patio de contenedores está dividido en áreas denominadas bloques. Cada bloque se define por sus ranuras largas (40) y filas (6). En cada pila, los contenedores se apilan de 3 a 6 niveles elevados en función de la envergadura de la grúa de depósito.

Multi-nivel de apilamiento es una de las soluciones para aumentar la capacidad de almacenamiento. Baja altura de apilamiento se recomienda para reducir movimientos improductivos. Así que la planificación y la pila de almacenamiento son muy importantes.

### **3. Estrategias de almacenamiento de importación.**

Hay dos estrategias principales:

- La estrategia de la no-segregación consiste en apilar los contenedores nuevos en la parte superior de los contenedores viejos, sin tener en cuenta la hora de llegada y el tiempo de permanencia de los contenedores almacenados en el patio. Esta estrategia tiende a mezclar los contenedores de diversas naves en el patio.
- La estrategia de segregación. Los envases de cada barco se encuentra en un área de almacenamiento específico o bloque. Por consiguiente, puede generar movimientos de compensación para reemplazar los contenedores viejos todavía en el sub-bloque.

#### **3.2. Estrategias**

Cada estrategia tiene dos etapas: en la primera etapa, los contenedores de envío se mantienen segregados, y en la segunda etapa, cada estrategia tiene su propio procedimiento para mezclar los contenedores de barcos diferentes, tratando de hacer un uso eficiente del espacio de almacenamiento mediante la aplicación de una combinación de estrategias tanto estáticas como dinámicas.

### **4. Desarrollo del modelo**

El objetivo del modelo desarrollado es determinar la cantidad esperada de movimientos totales para diferentes estrategias. Esto nos permitirá comparar las diferentes estrategias propuestas y decidir cuál es la más conveniente en función de las variables más importantes.

## 5. Caso numérico

En esta sección, la metodología propuesta es probada usando datos empíricos a partir de la disposición de una terminal de contenedores estándar.

### 5.2. Resultados

Un análisis de sensibilidad de movimientos en función de la tasa de llegada del buque y el tiempo de permanencia del contenedor en la terminal se realizó para cada escenario.

- En la estrategia S2 se ocupan más sub-bloques que con las otras estrategias propuestas. Esto es causado por el orden de llenado de los sub-bloques, que consiste en llenar las ranuras de los sub-bloques con los nuevos contenedores en la terminal y, por lo tanto, da como resultado un menor número de ranuras vacías.
- El número de sub-bloques ocupados con la estrategia S3 es menor, ya que los movimientos de compensación se llevan a cabo una vez que la mayoría de los contenedores han salido de la terminal.
- En algunos casos específicos (cuando el tiempo entre llegadas es relativamente corto), no hay suficientes ranuras vacías disponibles para la colocación de la carga de entrada y, por lo tanto, surgen problemas de capacidad. Este fenómeno se intensifica en el caso en el que la relación relativa de la llegada y tasa de salida es baja y la estrategia S2 se aplica.
- En particular, la combinación (5, 6) para la estrategia S2 es la combinación de contenedor más desfavorable con respecto al número de rehandles, dado que los buques llegan consecutivamente y, por lo tanto, no hay tiempo suficiente para la mayoría de los contenedores del buque  $i = 5$  para dejar la terminal. Para el caso específico de  $h = 3$ , un menor aumento de 7% se registra, mientras que para una altura de apilamiento superior ( $h = 5$ ), el aumento registrado puede alcanzar hasta un 50%. Sin embargo, las combinaciones de (1, 6) y (1, 7) para las estrategias de S1 y S2, respectivamente, son las combinaciones más favorables para el tiempo DT intervalos mayores de 1 día.

- Para terminales con poco tráfico ( $h = 5$ ), cuando la relación entre la llegada de carga y la tasa de salida está cerca de la unidad, el número total de rehandles obtenido para las estrategias de S1 y S3 converge a cero.
- Si la altura de apilamiento considerada es de tres niveles y  $n = 180$ , la tasa de llegada de carga es menor que 35% del tiempo medio de permanencia, en el escenario (a), y menos del 30% en el escenario (b), la estrategia óptima es S2. Por otra parte, en los casos en que la relación es mayor de 65% en el escenario (a) y mayor que 40% en el escenario (b), la estrategia S3 demuestra ser el mejor en términos de número de rehandles generados. Para un escenario intermedio, S1 sería la estrategia óptima.
- Para terminales con alto tráfico ( $h = 5$ ), se muestra que, para ambos escenarios ((a) y (b)) la estrategia óptima es S3 para todas las situaciones analizadas.
- Podemos ver que cuando las pilas son de altura baja, los movimientos de compensación toman más importancia que los verticales, así S1 y S2 se convierten en estrategias óptimas. Por otra parte, cuando las pilas son más altas, rehandles verticales aumentan significativamente y S3 se convierte en la estrategia más adecuada. Los movimientos de compensación adicionales requeridos para S3 son menos que el número de rehandles verticales.

## 7. Conclusiones.

Podemos observar que las estrategias de S1 y S2 son recomendables para terminales con una altura media corta de apilamiento o cuando el tiempo de permanencia del contenedor es alto. Por el contrario, para terminales con una zona de almacenamiento pequeña y gran volumen de tráfico S3 se convierte en estrategia preferible para la gestión del patio, que requiere menos movimientos de manipulación.

## Resumen Capítulo 2

### 1. Introducción

El objetivo del modelo es optimizar simultáneamente tanto a los lugares de almacenamiento (con el modelo de localización de contenedores (CLM)) y la programación de manejo (con el modelo de transferencia de contenedores (CTM)).

El problema en la solución de los dos subproblemas independientes es que las variables de decisión para un problema son los parámetros (de entrada) para el otro.

En primer lugar, CTM se resuelve para transferencia de contenedores al azar utilizando ubicaciones de almacenamiento iniciales. La salida se utiliza como entrada para CLM. Las ubicaciones óptimas de los contenedores determinados se utilizarán posteriormente como entrada de CTM. Esto continúa iterativamente hasta que un criterio de parada es alcanzado.

El objetivo de este modelo es minimizar el tiempo que pasan los barcos en el atracadero. Vamos a minimizar el tiempo dedicado a la transferencia de contenedores a la zona de almacenamiento. Este tiempo de transferencia es la suma de la configuración y el tiempo de viaje para cada contenedor.

### 2. Técnicas de resolución

Dos técnicas iterativas se aplican para resolver los modelos integrados. La primera es denominada no creciente (normal) algoritmo que tiene el mismo número de "generaciones" dentro de cada iteración, y el segundo es el algoritmo de aumento que tiene el mayor número de "generaciones" dentro de cada iteración.

Utilizando los datos proporcionados por el puerto de Brisbane, se estima que un promedio de 486 contenedores se exporta con cada barco. Se encuentra que cada uno de estos barcos tienen un tiempo de transferencia de 673 min.

### 3. Resultados

En este trabajo se describe una nueva técnica de búsqueda iterativa para resolver un modelo integrado compuesto por dos sub-modelos con variables de decisión dependientes. Un algoritmo creciente se compara con un enfoque no creciente. Un algoritmo genético se compara también con una búsqueda tabú / híbrido algoritmo genético. Esta búsqueda iterativa se utilizó para resolver dos modelos, CLM y la CTM, utilizando la ubicación y las reacciones de transferencia de iteraciones sucesivas. El algoritmo iterativo integrado proporciona generalmente mejores soluciones que las que se encuentran utilizando los modelos individuales solamente, y las soluciones fueron mucho más estables con menor variación en los resultados.

En general, la técnica de GA produjo mejores resultados que el híbrido TS / GA, y en la mayoría de los casos, el algoritmo no creciente tuvo un comportamiento mejor que el algoritmo de aumento.

En general se recomienda el algoritmo GA no creciente (enfoque 5) ya que proporciona las mejores soluciones para una amplia gama de configuraciones de infraestructura.